

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-183640

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

H01Q 15/20

H01Q 15/14

(21)Application number : 10-351424

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY  
CORP

(22)Date of filing : 10.12.1998

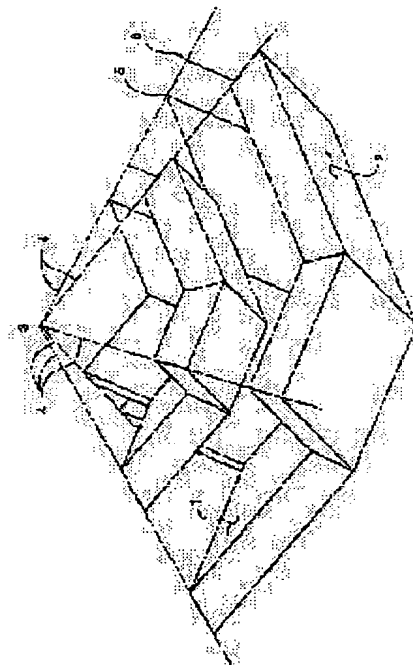
(72)Inventor : IZUMIDA HIROSHI

## (54) EXPANSION TYPE SKELETON STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an expansion type skeleton structure with high precision and high stiffness, that is used for an expansion antenna with a large aperture and a spherical part of a structure in space or the like used for an artificial satellite.

SOLUTION: This expansion type skeleton structure employs a truncated pyramid skeleton structure for a basic building block, which is formed by using an apex of a dual polyhedron of a quasi-regular polyhedron for an upper dace apex, using a cross point between a radiation line 4 passing from a center 3 of an inscribed sphere of the polyhedron to an upper dace apex 5 and a concentric spherical surface, having a radius larger than that of the inscribed sphere for a lower face apex 6 and using a part between the upper face apex and the lower face apex of the radiation line 4 for a ridge, and the side faces of the building blocks are used in common and a plurality of the blocks are connected. Furthermore, the outer shape of the building blocks kept to a truncated pyramid shape and the ridges are moved synchronously in parallel.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-183640  
(P2000-183640A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 Q 15/20  
15/14

識別記号

F I  
H 0 1 Q 15/20  
15/14

テマコード\* (参考)  
5 J 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-351424  
(22) 出願日 平成10年12月10日 (1998.12.10)

(71) 出願人 396020800  
科学技術振興事業団  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
(72) 発明者 泉田 啓  
大阪府堺市大野芝町23 大阪府立大学宅舎  
4-100  
(74) 代理人 100099265  
弁理士 長瀬 成城  
Fターム(参考) 5J020 AA03 BA10 BD04 CA02 CA05

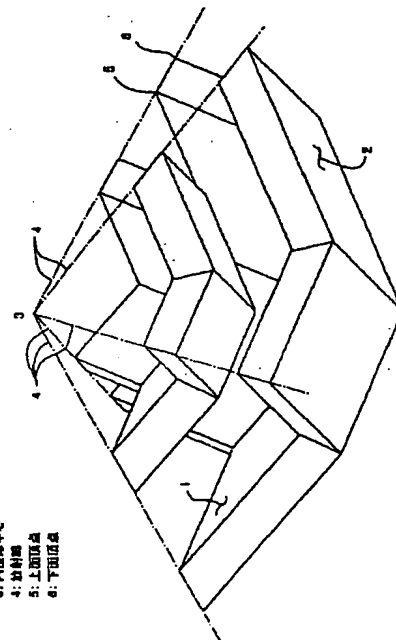
(54) 【発明の名称】 展開式骨組構造物

(57) 【要約】

【課題】 人工衛星に用いる大口径の展開アンテナや宇宙構造物の球面状部分などに用いられる、高い精度と剛性を有する展開式骨組構造物を提供する。

【解決手段】 準正多面体の双対多面体の頂点位置を上面頂点とし、同多面体の内接球中心3から上面頂点5を通る放射線4と同内接球より大きな半径を持つ同心球面との交点を下面頂点6とし、同放射線4の上面頂点と下面頂点の間を稜線とすることにより作られる角錐台状の骨組構造を基本要素とし、上記基本要素の側面を共有させて複数個結合した構造をなし、更に、上記基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させることができるようにしたことを特徴とする展開式骨組構造。

1. 上面  
2. 下面  
3. 内接球中心  
4. 放射線  
5. 上面頂点  
6. 下面頂点



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 準正多面体の双対多面体の頂点位置を上面頂点とし、同多面体の内接球中心から上面頂点を通る放射線と同内接球より大きな半径を持つ同心球面との交点を下面頂点とし、同放射線の上面頂点と下面頂点の間を稜線とすることにより作られる角錐台状の骨組構造を基本要素とし、上記基本要素の側面を共有させて複数個結合した構造をなし、更に、上記基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させることができるようにしたことを特徴とする展開式骨組構造。

【請求項 2】 前記角錐台状の基本要素は、同期機構と展開機構を備え、前記同期機構は前記稜線位置で固定され、前記展開機構は隣り合う稜線位置で固定された前記同期機構の間で展開できる機構を備えてなることを特徴とする請求項 1 に記載の展開式骨組構造。

【請求項 3】 前記展開機構は 2 次元平面内を運動するパンタグラフ・リンク機構から構成されることを特徴とする展開式骨組構造。

【請求項 4】 前記角錐台状の基本要素の上面節点相互間及び下面節点相互間には、展開後のガタを無くすることができる張力発生手段を備えてなることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の展開式骨組構造。

【請求項 5】 前記同期機構は、展開機構に展開力を与える展開力付勢手段を備えてなることを特徴とする請求項 2～請求項 4 のいずれか 1 項に記載の展開式骨組構造。

【請求項 6】 前記展開力付勢手段は展開バネであることを特徴とする請求項 5 に記載の展開式骨組構造。

【請求項 7】 前記展開力付勢手段は展開アクチュエータであることを特徴とする請求項 5 に記載の展開式骨組構造。

【請求項 8】 前記展開機構を固定する保持装置を備えていることを特徴とする請求項 2～請求項 7 のいずれか 1 項に記載の展開式骨組構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、人工衛星に用いる大口径の展開アンテナや宇宙構造物の球面状部分などに用いられる、高い精度と剛性を有する展開式骨組構造物に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、軌道上に衛星を投入するロケットの信頼性と経済性が向上し、衛星利用の利点が増大している。また、通信需要が増大しているため、衛星通信業務の質的及び量的な向上が望まれている。特に、大型の展開アンテナは船舶、車両等の移動体の通信用として求められており、そのための展開式骨組構造方式が盛んに開発されてきた。また、低コストかつ高信頼性で、宇宙基地などの大型衛星を構築するための基本構造として、

展開式骨組構造物（展開式トラス構造物）が重要な開発課題となっており、この構造物として、例えば特開平 1-151630 号公報、特開平 6-224624 号公報に記載されている物など種々の形態のものが提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来の特開平 1-151630 号公報に記載の構造物は、結合子とスライドヒンジを有する心棒と、パンタグラフ形状の斜め部材とからなる骨組構造を基本要素とし、これを複数結合することにより、大規模な構造物を容易且つ剛性を持たせて構築可能にしたものであり、図 7 は展開状態にある骨組構造物の構成図である。この構造物の作動を図 7 を参照して簡単に説明すると、この展開式骨組構造物では、格納時においては、斜部材 45a 又は斜部材 45b と心棒 42 の成す角  $\theta$  は零に近い状態まで折り畳まれており、外部からの保持装置（図示せず）によってその状態が保持されている。一方、展開時においては、上記保持装置を開放すると、ピン結合部 48、または結合子 41 のピン軸、またはスライドヒンジ 43 上のピン軸等に内蔵された渦巻きバネ（図示せず）等の駆動力によって斜部材 45a、45b が展開され、これにより上記角  $\theta$  が増大していく。この時、スライドヒンジ 43 が所定の位置まで移動すると、ストッパ 44 に当接して斜部材 45a、45b の展開動作は停止する。また、斜部材 45a、45b はそれぞれ端部を結合子 41 又はスライドヒンジ 43 にピン結合されているとともに、個々の中間部のピン結合部 48 で 2 本の斜部材 45a、45b がパンタグラフ形状に相互にピン結合されているので、全ての斜部材 45a、45b における展開角である角  $\theta$  が等しくなり同期展開が可能となっている。しかしながら、上記の展開式骨組構造物では次ぎのような問題がある。即ち、全ての斜部材における展開角である角  $\theta$  が等しくなって同期展開が可能であるためには、斜部材が等脚台形または長方形の対角線となり、六角形のモジュールに含まれる等脚台形または長方形が全て合同でなければならない。従って、基本モジュールの上面形状は正六角形となり、斜部材が等脚台形の対角線のときには基本モジュールの外形は正六角錐台、長方形のときには正六角柱となる。正六角形は平面充填形なので、正六角錐台を隣接して並べることはできない。

【0004】 結果として、正六角柱状の基本モジュールを複数個結合することになり、それらが作る上面は平面形をなす。三角形や四角形を基本形状とする場合にも、同じ議論により基本モジュールの上面形状が正三角形や正四角形となる。正三角錐台や正四角錐台状の基本モジュールを複数個結合できる場合があるが、角錐台の稜線の成す角は展開するにつれて変化するので、結合を維持して展開することはできない。それ故、特開平 1-151630 号公報に示されている方法で実現できる展開式

骨組構造物の展開形状は平面となる。あるいは逆に、平面を充填する多角形を基本要素とする骨組構造物を用いて球面を構成しようとする、機構内に必要十分なガタを導入しなければ、構造物全体を同期展開することは困難である。これらは、ヒンジの填合のために必要となる微小な隙間や、製造上発生する隙間とは異なり、展開動作を実現するために新たに必要となるガタであり、展開用ガタと呼ぶ。

【0005】また、例えば、平面上に合同な複数の正六角形をその辺を共有させて配置し、それを球面状に投影して六角形の辺の長さを決め、展開式骨組構造物を実現した場合には、平面充填形である正六角形を球面上に投影するため、実現された骨組構造物の殆どの基本要素は正六角形を歪ませた物となり、場所によって歪みが異なる。そのため、この方法では、同一基本要素の繰り返しによって骨組構造物全体を構成することはできない。また、基本要素毎に異なる歪みに対応して展開機構を設計する必要があるため、展開動作が要素毎に異なり、全体を同期して展開させることは非常に困難なものとなる。即ち、前述の理由により機構内に展開用のガタがなければ、複数の結合されたモジュールを同期して展開することはできない。しかしながら、これらのような機構内のガタは、骨組構造物の形状精度と剛性の低下をきたし、想定した展開動作以外の運動が可能になり、想定外の運動を生じて展開動作を失敗させる可能性が生じるなどの問題を生じる。

【0006】また、特開平6-224624号公報に記載されているものは、展開アンテナにおいて、展開時に生ずるスタンドオフの変形量を小さくしかつ展開に必要な展開トルクを小さくできるパラボラ形状の展開アンテナであるが、このような球形の展開式骨組構造物を、展開用ガタを最小限に留めて同期展開させるためには、膨大な設計過程が必要になる。また、正六角形を歪ませた基本要素を用いるため、微妙に異なった部品が多く存在し、コスト増大等を招き、製作上で好ましくない。これらの問題は、平面充填形を基本形状とする展開式骨組構造物を実現しようとしたことに端を発している。そのため、これらの問題点を克服し、より簡便に球面を構成する展開式骨組構造物を設計するために、基本的設計原理が求められる。

【0007】本発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、大口径アンテナ反射鏡面支持構造物などの大型の球面構造物を構築する際に、機構内のガタ（展開ガタ）を必要とせず、高剛性と高精度を確保できる展開式骨組構造物を得ることを目的とする。

【0008】この発明に係る展開式骨組構造は、球面状の骨組構造を成すよう、準正多面体の双対多面体頂点位置を上面頂点とし、同多面体の内接球中心から上面頂点を通る放射線と内接球より大きな半径を持つ同心球面との交点を下面頂点とし、同放射線の上面頂点と下面頂

点の間を稜線とすることにより作られる角錐台状の骨組構造を基本要素とし、基本要素の側面を共有させて複数個結合した構造をなし、更に、基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させる機構を備えたものである。また、角錐台状の上記基本要素の稜線位置に固定した骨組構造を持ち、隣り合う稜線位置の固定した骨組構造を互いに平行移動させる展開機構を側面に持ち、稜線を共有する側面の平行移動を同期するための同期機構を稜線位置の固定した骨組構造に持ち、それらの展開機構を稜線位置の同期機構を通して連結した構造としたものである。

【0009】更に、上記展開機構を、2次元平面内を運動するパンタグラフ・リンク機構から構成したものである。更にまた、上記角錐台状骨組構造の基本要素の上面節点相互間及び下面節点相互間には、展開後のガタを無くすることができる張力発生手段を備えるケーブルを張架したものである。また、角錐台状の上記基本要素にあるリンク機構のヒンジに展開力を発生させる展開力付勢手段を有するとともに、上記ヒンジを線分で結んだ図形が、展開中に一直線状に至る手前においてヒンジの回転を止めて展開を停止させるストッパを、ヒンジ位置近傍等の適切な位置に配設したものである。更に、上記展開力付勢手段を展開バネや展開アクチュエータにより構成したものである。更にまた、上記展開機構を所定の形状で固定する保持装置を更に備えるものである。

【0010】この発明に係る展開式骨組構造は、準正多面体の双対多面体を基本形状とし、角錐台状の基本要素の側面を共有させて複数個結合した構造としているので、大口径の展開アンテナの支持構造物などの大型構造物を構築する場合において、一種類の角錐台状の骨組構造の繰り返しにより、全体が一様に高い剛性を持つよう概略球面の一部のみならず概略球面全体をなす展開式骨組構造物を容易に構築することができる。また、この発明は全ての準正多面体の双対多面体を基本形状として実行できるので、ある大きさと曲率半径をもつ球面に対して、複数の異なる骨組構造を同じ手順で作成でき、骨組構造物に課せられた要求に応じて適切なものを選択できる。更にまた、この発明で用いる準正多面体の双対多面体には、各面を構成する多角形の内心と接する内接球が存在するため、最長でも上面頂点から内接球面までの距離のスタンドオフを上面頂点位置に配置すれば、展開式骨組構造と干渉することなく反射球面を展開式骨組構造の上面に張架できる。実際には、さらに短いスタンドオフでも干渉することなく、反射球面の張架が容易な展開式骨組構造を実現できる。また、各面の内心位置に立てた垂線が一点で交わるため、基本要素上の上面に反射平面を張架するだけで、高精度が求められる太陽光集光装置などのリフレクタを構成できる。

【0011】また、この発明に係る展開式骨組構造は、基本要素に含まれる複数の稜線を同期して平行移動する

ことにより展開動作を行うため、パンタグラフ・リンク機構のように、展開用ガタを用いずに稜線を平行移動できる機構を用いることにより、展開用ガタを必要としない概略球面あるいはその一部をなす展開式骨組構造物を構築することができ、構造の精度と強度を高く保つことができることともに、安定な展開動作を実現できる。この際、パンタグラフ・リンク機構に展開用ガタを追加することなく、部材の太さを考慮してヒンジオフセットを設けることができる。展開状態において張力をもって張架されるケーブルの作用、又は、展開状態において内力を残した状態で展開機構を固定することにより、ヒンジなどに存在する微小なガタが消滅し、安定な形状を保持して高い精度を有する展開式骨組構造となし得る。

【0012】更に、この発明の展開式骨組構造によれば、角錐台状の基本要素にある平行四辺形リンク機構のヒンジを線分で結んだ図形が平行四辺形から長方形に成る前に展開が終了するよう、ヒンジ位置にヒンジの回転を止めるストッパを有することにより、展開力を加えても展開が進展しなくなる特異的な機構形態を展開動作から排除することができ、過大な展開力を発生することなく安定に展開動作し、構造破壊の可能性が低く、信頼性の高い展開式骨組構造物を得ることができる。

【0013】

【課題を解決するための手段】このため、本発明が採用した解決手段は、準正多面体の双対多面体の頂点位置を上面頂点とし、同多面体の内接球中心から上面頂点を通る放射線と同内接球より大きな半径を持つ同心球面との交点を下面頂点とし、同放射線の上面頂点と下面頂点の間を稜線とすることにより作られる角錐台状の骨組構造を基本要素とし、上記基本要素の側面を共有させて複数個結合した構造をなし、更に、上記基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させることができるようにしたことを特徴とする展開式骨組構造であり、前記角錐台状の上記基本要素は、同期機構と展開機構を備え、前記同期機構は前記稜線位置で固定され、前記展開機構は隣り合う稜線位置で固定された前記同期機構の間で展開できる機構を備えてなることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記展開機構は 2 次元平面内を運動するパンタグラフ・リンク機構から構成されることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記角錐台状の基本要素の上面節点相互間及び下面節点相互間には、展開後のガタを無くすることができる張力発生手段を備えてなることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記同期機構は、展開機構に展開力を与える展開力付勢手段を備えてなることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記展開力付勢手段は展開バネであることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記展開力付勢手段は展開アクチュエータであることを特徴とする展開式骨組構造物であり、前記展開機構を固定する保持装置を備えていることを特徴とする展開式骨組構造物である。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図面により本発明の実施の形態について説明する。

#### 第 1 実施形態

図 1 乃至図 4 はこの発明の第 1 実施形態を示す図であり、図 1 は、全ての面が菱形をなす準正多面体の双対多面体の部分について本発明を実施した展開式骨組構造における、展開途中と展開後の概略形状を示す斜視図、図 2 は上記実施の形態による展開式骨組構造の展開後の部分的な概略形状を示す斜視図、図 3 は図 2 の一つの基本要素をなす骨組構造の展開途中と展開後の形状を示す斜視図、図 4 は図 3 の番号 11 の稜線付近の同期機構部と展開機構部の一部分を示す斜視図である。これらの図において、1 は上面、2 は下面、3 は内接球中心、4 は放射線、5 は上面頂点、6 は下面頂点である。ここで、内接球とはこの準正多面体の双対多面体に、各面を構成する多角形の内心位置で接する内接球である。また、放射線とは内接球中心を通る直線である。

【0015】図 1 の展開式骨組構造は、上面と下面が菱形で上面頂点と下面頂点を結ぶ稜線が放射線上に乗る角錐台状の骨組構造を基本要素とし、角錐台状の骨組構造の側面を共有させて複数個結合した構造を持つ。基本要素は、稜線が互いになす角度を一定に保ちつつ上面頂点間又は下面頂点間距離を変化させ、基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させることができる機構を備えた展開式骨組構造物である。但し、骨組構造の具体的な構成では、角錐台の辺上に骨組構造の部材が、頂点上に骨組構造の節点が具体的に存在するものに限定せず、包絡形状が上記角錐台に適合するものであればさしつかえない。また、上記において、準正多面体の双対多面体を構成する面のうち 4 面のみを取り出したものを示したが、面の数はこれに限定されるのではなく、準正多面体の双対多面体を構成する連続する面のうち任意の個数のものを用いてさしつかえない。

【0016】更に、これらの図において、7 は共有上面部材、8 は共有下面部材、9 は頂点縦部材、10 は展開機構部、11 は同期機構部、12 は張力発生手段としてのケーブルである。図 3 においては、煩雑さを避けるため全てのケーブルは省略されている。ケーブルは、展開状態において所定の張力が発生するように、予めその長さが調節されている。但し、図 1 から図 4 に描かれている機構では、このケーブルは省略しても良い。また、展開機構部 10 と同期機構部 11 は、角錐台状の骨組構造の側面を形成し、この部分を側面骨組とも呼ぶ。隣り合う二つの角錐台状の骨組構造は、側面骨組を共有して接している。

【0017】図 4 において、13 (a~d) は展開機構上面部材、14 (a~d) は展開機構下面部材、15 (a~e) は展開機構縦部材であり、これらによって作られる側面形状が平行四辺形になるよう、上面ピンピン

ジ16(a~e)と下面ピンヒンジ17(a~e)で図のように連結される。パンタグラフ部材18(a~d)の一端はスライドヒンジ19(a~c)、他端は固定ピン結合部20(a~c)で展開機構縦部材15(a、c、e)に結合され、パンタグラフ部材18(a~d)同士は自由ピン結合部21(a、b)でピン結合されるが、展開機構縦部材15(b、d)には結合されない。なお、必要に応じて展開機構を構成するヒンジ位置とヒンジ動作を制限するストッパを設定することにより、展開力を加えても展開が進展しなくなる特異的な機構形態を展開動作から排除することが可能である。

【0018】同期機構縦部材22は頂点縦部材9の位置にあり、その上を同期機構スライドヒンジ23が動く。同期機構スライドヒンジ23の張出部材は、スライドヒンジ19aに摺動ヒンジで結合され、展開力付勢手段としての展開バネ24の縮力により同期機構スライドヒンジ23を引き上げるとスライドヒンジ19aも引き上げられ、展開運動が生じる。但し、展開力付勢手段としては、展開バネ24の代わりに展開力を発生する展開アクチュエータ等を用いても良い。同期機構スライドヒンジ23の張出部材は、その頂点縦部材に会する側面骨組の数だけあり、全ての展開機構部と同様に接続することにより異なった側面骨組の展開を同期させる。

【0019】上記図1以外の各面が菱形を成す準正多面体の双対多面体に対してこの発明を実施する場合、上記図1から図4と同様に実施できる。次に、この発明の第1実施形態である上記図1から図4に示す展開式骨組構造の動作について説明する。図1には、二つの骨組構造の概略形状が描かれているが、上下の順に展開が進行している。基本要素が角錐台を保ったまま稜線を平行移動して上面及び下面の菱形を大きくすることにより、展開が進行する。上面又は下面の菱形は常に相似なので、内接球中心3を固定すると、多面体の頂点を通る放射線を展開の進行状況によらず一致させることができる。すなわち、展開の進行に連れて多面体の各頂点が同一の放射線上を放射状に移動するので、この骨組構造は半径方向に展開が進行する。

【0020】更に、上記展開式骨組構造の動作の詳細について、図2から図4を用いて説明する。この第1実施形態では、格納時においては、図4に示す骨組上面部材13(a~f)同士が成す角 $\theta$ は零に近い状態まで折り畳まれており、外部からの保持装置(図示しない)又は同期機構スライドヒンジ23を同期機構縦部材22に固定する保持装置(図示しない)によって、その状態が保持されている。展開時においては、上記保持装置を開放すると、展開バネ24が発生する同期機構スライドヒンジ23を上方に動かす駆動力により、スライドヒンジ19aを上方に動かす。スライドヒンジ19aへの駆動力は、パンタグラフ部材18(a~d)、スライドヒンジ19(a~c)、固定ピン結合部20(a~c)、自由

ピン結合部21(a、b)で構成されるパンタグラフに伝えられ、15a、15c、15eの間隔を広げ、上記角 $\theta$ が増大することにより展開が進行する。全ての骨組上面部材13(a~f)と全ての骨組下面部材14(a~f)がそれぞれ直線になり、上記角 $\theta$ が180度になると、前述のヒンジ構成により上面ピンヒンジ16(a~e)と下面ピンヒンジ17(a~e)の運動が制限され、図2又は図3の状態で開催動作は停止する。この時、ケーブル12は所定の張力を持って上面節点間と下面節点間に張架されるように、予めその長さを調整されている。この張力は、隣り合う上面節点間又は下面節点間の距離を小さくする方向に展開機構部を圧縮する内力を生じるので、上面ピンヒンジ16(a~e)、下面ピンヒンジ17(a~e)、スライドヒンジ19(a~c)、固定ピン結合部20(a~c)、自由ピン結合部21(a、b)に含まれるガタが無くなり、この発明による展開式骨組構造は高精度の構造となる。

【0021】尚、展開状態において展開バネ24が発生する駆動力により、同期機構スライドヒンジ23が上方に引きつけられた状態で骨組展開構造が保持されるが、適切なラッチ機構などの保持装置(図示しない)によって同期機構スライドヒンジ23を同期機構縦部材22に固定すると、より強固に骨組展開構造が固定できる。

【0022】同期機構スライドヒンジ23の張出部材は、その頂点縦部材9に会する側面骨組の数だけあり、全ての展開機構部と同様に接続することにより、異なった側面骨組の展開を同期させる。角錐台の隣接した側面骨組にある展開機構部は、同期機構部を介してリンクされる。結果として、角錐台の全ての展開機構部は同期して展開するので、角錐台の骨組構造の展開は図3のようになり、上面節点を順に線分で結んだ多角形が常に菱形を保つ。その間、同一の側面骨組の縦部材15は互いに平行が保たれるので、側面骨組の両端にある頂点縦部材9(同期機構縦部材22)がなす角は一定である。

【0023】図1及び図2に示した通り、隣り合う角錐台の骨組構造は側面骨組を共有して結合されているので、骨組構造全体でも同期して展開が行われる。また、展開バネ24の代わりに展開アクチュエータを用いると、複数の同期機構部に配置されたアクチュエータを同期させることにより、構造全体の展開を無理なく同期させることができる。尚、上記図1以外の各面が菱形をなす準正多面体の双対多面体に対して、この発明を実施する場合も、全く同様に展開が行われる。

#### 【0024】第2実施形態

図5乃至図6はこの発明に係わる第2実施形態の図であり、図5は、全ての面が五角形をなす準正多面体の双対多面体の部分について本発明を実施した展開式骨組構造における、展開途中と展開後の概略形状を示す斜視図、図6は上記実施の形態による展開式骨組構造の展開機構部の配置を示す斜視図である。これらの図において、3

1は上面、32は下面、33は内接球中心、34は放射線、35は上面頂点、36は下面頂点、37は展開機構部A、38は展開機構部Bである。この発明の第1実施形態で示した各面が菱形を成すものを除くと、準正多面体の双対多面体の各面は、図5のように、等辺多角形にはならない。このように、各面が等辺多角形ではない準正多面体の双対多面体に対して本発明を実施したものを第2実施形態とする。

【0025】図5の展開式骨組構造は、第1実施形態と同様に、上面と下面が5角形で上面頂点と下面頂点を結ぶ稜線が放射線上に乗る角錐台状の骨組構造を基本要素とし、角錐台状の骨組構造の側面を共有させて複数個結合した構造を持つ。基本要素は、稜線が互いになす角度を一定に保ちつつ上面頂点間又は下面頂点間距離を変化させ、基本要素の外形を角錐台としたまま稜線を同期して平行移動させることができる機構を備えた展開式骨組構造である。但し、骨組構造の具体的な構成では、角錐台の辺上に骨組構造の部材が、頂点上に骨組構造の節点が具体的に存在するものに限定せず、包絡形状が上記角錐台に適合するものであればさしつかえない。また、上記において、準正多面体の双対多面体を構成する面のうち5面のみを取り出したものを示したが、面の数はこれに限定されるのではなく、準正多面体の双対多面体を構成する面のうち連続する任意の個数のものを用いてさしつかえない。

【0026】第2実施形態においても角錐台状の基本要素の構成は図2、展開式骨組構造の動作は図3、展開機構部と同期機構部の基本的な構成は図4と同様なので省略する。図5及び図6に示した通り、隣接する角錐台状の基本要素同士は側面骨組を共有して結合されているので、骨組構造全体でも展開が同期して進行する。第1実施形態と異なり、第2実施形態においては多面体の各面が等辺多角形にならないため、異なった長さの辺が会する頂点がある。このような頂点では、一つの頂点縦部材に会する側面骨組の展開機構部すべてを、同期機構部を介して機構的に連結できるわけではない。ただし、各展開機構部は一つ以上の隣接する展開機構部と同期機構部を介して機構的に連結される。図6に示した例では、展開機構部Aと展開機構部Bとは、どの同期機構部を介しても機構的に連結されていないが、外周部の展開機構部Aおよび内側の展開機構部Bの各々においては、隣接する展開機構部同士は同期機構部を介して機構的に連結されている。更に、展開機構部Aと展開機構部Bは5ヶ所の稜線位置で結合されており、その拘束条件により全体として同期して展開する。

【0027】尚、上述したこの発明による展開式骨組構造を、宇宙通信などに用いられる展開アンテナリフレクタに用いる場合には、基本要素の多面体の上面頂点等の適切な部位にスタンドオフ等の保持部材を配置し、上記スタンドオフを介して金属メッシュや反射コーティング

を施した膜面等を反射面として張架するように構成すればよい。また、通信以外の目的に供せられるリフレクタ、例えば太陽光集光装置等に用いる場合にも、同様にして反射面を構成することが容易にできる。また、上記第1、第2の各実施形態はあくまで本発明を適用した一例であり、ケーブル等の張力発生手段、バネ等の展開力付勢手段、ストッパ等の保持手段は、従来から存在する同様の機能を達成できる構成に置き換えることができることは当然である。また、本発明はその精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいかなる形でも実施できる。そのため、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず限定的に解釈してはならない。

【0028】

【発明の効果】以上説明した通り、この発明によれば、準正多面体の双対多面体を基本形状とし、角錐台状の基本要素に含まれる複数の稜線を同期して平行移動することにより展開動作を行うため、展開用ガタを必要とせずに概略球面の一部のみならず概略球面全体をなす展開式骨組構造を構築することができる。また、この発明の展開式骨組構造は、準正多面体の双対多面体を基本形状とし、多角形を上面と下面にもつ角錐台状の骨組構造を基本要素とし、その側面を共有させて結合した構造としているので、一種類の角錐台状の骨組構造の繰り返しにより、大口径の展開アンテナの支持構造物や宇宙構造物の球面状部分などの大規模な概略球面の展開式骨組構造を容易に構築することができる。更にまた、この発明で用いる準正多面体の双対多面体には、各面を構成する多角形の内心と接する内接球が存在するため、最長でも上面頂点から内接球面までの距離のスタンドオフを上面頂点位置に配置すれば、展開式骨組構造と干渉することなく反射球面を展開式骨組構造の上面に張架できる。実際には、さらに短いスタンドオフでも干渉することなく、反射球面の張架が容易な展開式骨組構造を実現できる。また、各面の内心位置に立てた垂線が一点で交わるため、基本要素上の上面に反射平面を張架するだけで、高精度が求められない太陽光集光装置などのリフレクタを構成できる。この発明は、全ての準正多面体の双対多面体を基本形状として実行できるので、ある大きさと曲率半径をもつ球面に対して、複数の異なった骨組構造案を作成でき、ミッション要求に応じて適切なものを選択できる。例えば、菱形のみからなる準正多面体の双対多面体、5角形のみからなる準正多面体の双対多面体などを基本形状とする骨組構造を設計し、構造重量、部品数、構造強度、構造精度などを比較検討し、最適なものを選択できる。更に、この発明による展開式骨組構造では、基本要素を構成する展開機構を、基本的に2次元平面内を運動するバンタグラフ・リンク機構から構成することにより、部材が有限の太さを持っている場合にも、展開用ガタを導入することなしに部材の太さを考慮したヒンジオフセットを設けることができるため、ガタによる機



々な弊害を回避し、高い構造精度と剛性をもち、安定で確実に展開動作する骨組構造を実現できる。更にまた、展開状態において、張力をもって張架されるケーブルの作用、又は、展開機構に内力を残した状態で展開機構を固定することにより、ヒンジなどに存在する微小なガタが消滅し、安定な形状を保持して高い精度を有する展開式骨組構造物となる。また、第1実施形態に係わるものでは、頂点縦部材にある同期機構により、頂点縦部材を共有する側面骨組構造の展開機構部が同期して展開され、また、各側面骨組構造は必ず他の側面骨組構造と頂点縦部材を共有しているので、全ての展開機構部は連結されており、この結果、全ての展開機構部が同期して展開される。第2実施形態に係わるものでも、隣接する角錐台状の基本要素同士は側面骨組を共有して結合されているので、骨組構造全体でも展開が同期して進行する。ただし、多面体の各面が等辺多角形にならないため、各展開機構部は頂点縦部材で会する側面骨組の展開機構部すべてと、機構的に連結されるわけではないが、必ず一つ以上の隣接する展開機構部と同期機構部を介して機構的に連結される。すなわち、何れの実施の形態でも、構造全体の展開を無理なく同期させることができ、確実に信頼性の高い展開式骨組構造物を得ることができる。更に、この発明の展開式骨組構造物によれば、ヒンジ位置とヒンジ動作を制限するストッパを設定することにより、展開力を加えても展開が進展しなくなる特異的な機構形態を展開動作から排除することができ、機構の特異性を補うための補助的な展開力発生位置などを追加することなしに、数少ない展開力発生装置により、過大な展開力を発生することなく安定に展開動作し、構造破損の可能性が低く、信頼性の高い展開式骨組構造物を得ることができる。更にまた、保持装置により上記展開機構を固定することにより展開式骨組構造物を固定できるので、展開途中の任意の形態で展開動作を停止できる。更に、展開力をアクチュエータで発生する場合には、展開力を逆転することにより展開動作を逆転し収納動作も可能になる、等の優れた効果を奏することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明を各面が菱形をなす準正多面体の双対多面体の部分について実施した展開式骨組構造における展開途中と展開後の概略形状を示す斜視図である。

【図2】 図1の展開式骨組構造の展開後の部分的な概略形状を示す斜視図である。

【図3】 図2の一つの基本要素の骨組構造の展開途中

と展開後の形状を示す斜視図である。

【図4】 図2の同期機構部と展開機構部の一部分を示す斜視図である。

【図5】 本発明の第2実施形態による展開式骨組構造の展開途中と展開後の概略形状を示す斜視図である。

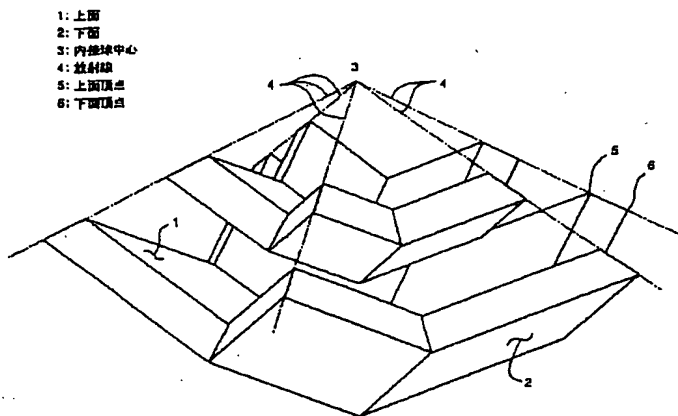
【図6】 図5の展開機構部の機構的な連結関係を示す斜視図である。

【図7】 従来例としての展開状態にある骨組構造物の構成図である。

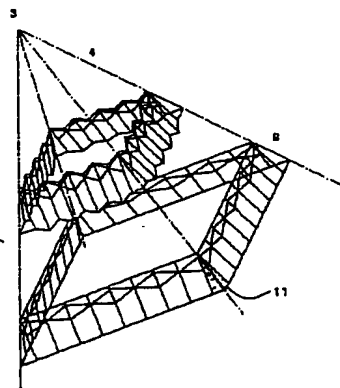
#### 【符号の説明】

1	上面
2	下面
3	内接球中心
4	放射線
5	上面頂点
6	下面頂点
7	共有上面部材
8	共有下面部材
9	頂点縦部材
10	展開機構部
11	同期機構部
12	ケーブル
13	展開機構上面部材
14	展開機構下面部材
15	展開機構縦部材
16	上面ピンヒンジ
17	下面ピンヒンジ
18	パンタグラフ部材
19	スライドヒンジ
20	固定ピン結合部
21	自由ピン結合部
22	同期機構縦部材
23	同期機構スライドヒンジ
24	展開バネ
31	上面
32	下面
33	内接球中心
34	放射線
35	上面頂点
36	下面頂点
37	展開機構部 A
38	展開機構部 B

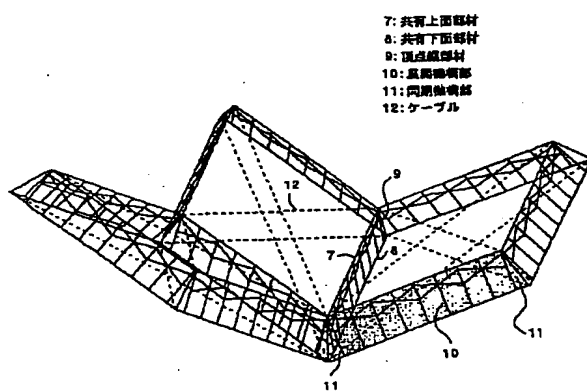
【図1】



【図3】

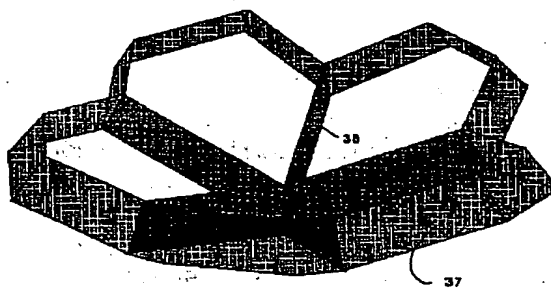


【図2】

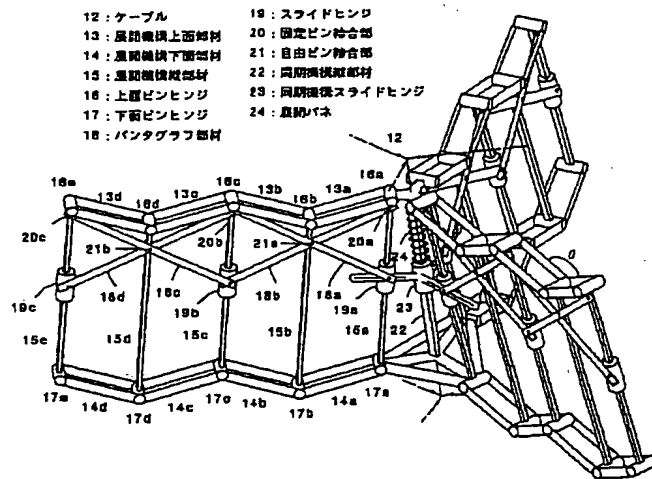


【図6】

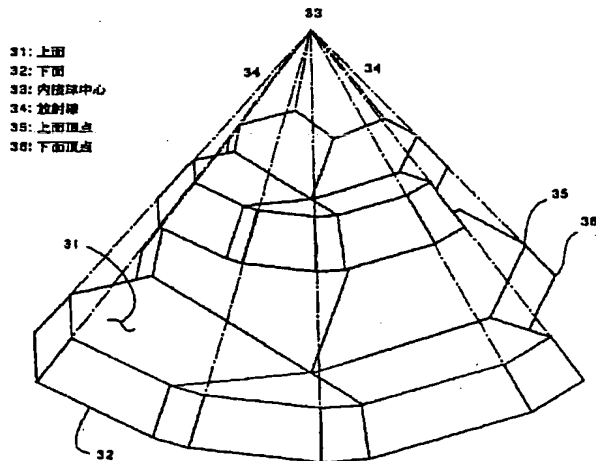
37: 展開部側面 A  
38: 展開部側面 B



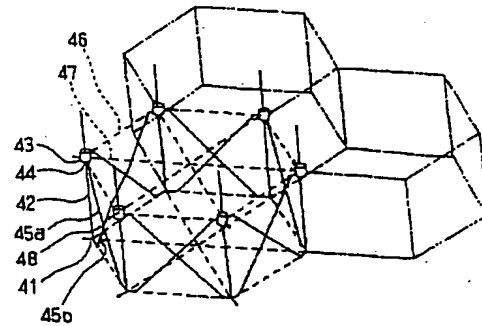
【図4】



【図5】



【図7】



- 41: 結合子  
42: 心棒  
43: スライドヒンジ  
44: ストップ  
45a, 45b: 斜部材  
46: ケーブル  
47: ケーブル  
48: ピン結合部